



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

SPOJITÁ BETONOVÁ MOSTNÍ KONSTRUKCE

CONTINUOUS CONCRETE BRIDGE STRUCTURE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Zemánek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN KOLÁČEK, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607T009 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Tomáš Zemánek
Název	Spojité betonové mostní konstrukce
Vedoucí práce	Ing. Jan Kolářek, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry.

Základní normy:

ČSN 736201: Projektování mostních objektů.

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí.

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou.

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.

ČSN EN 1992-2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady.

ČSN 73 6214: Navrhování betonových mostních konstrukcí

Literatura doporučená vedoucím diplomové práce.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Pro zadaný problém navrhnete dvě až tři varianty řešení a zhodnotíte je.

Podrobný návrh nosné konstrukce vybrané varianty mostu provedete včetně zohlednění vlivu výstavby mostu na jeho návrh.

Nosnou konstrukci můžete zkrátit na konci a případně i na začátku mostu.

S ohledem na velký poloměr směrového oblouku můžete most napřímit.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady a varianty řešení

P2. Výkresy - přehledné, podrobné a detaily (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce).

P3. Stavební postup a vizualizace

P4. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím diplomové práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Diplomová práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

Ing. Jan Kolářek, Ph.D.

Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na řešení silničního mostu, situovaného mezi obcemi Roudno a Razová přes vodní nádrž Slezská Harta. Před návrhem byly vytvořeny a porovnány 3 studie. Zvolená varianta je spojitý komorový nosník s šikmými stěnami, dodatečně předpjatý kabely se soudržností. Nosič celkové délky 148,0 m a šířky 13,6 m má tři pole. Výška nosníku je 3,3 m. Je zpracován podrobný statický výpočet, včetně posouzení konstrukce na mezní stavy, návrh předpětí a ověření návrhu pomocí časové analýzy. Návrh a posudky dočasných i trvalých návrhových situací jsou prováděny podle platných norem a předpisů. Součástí diplomové práce je výkresová dokumentace a vizualizace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Silniční most, vodní nádrž, jednokomorový nosník, spojitý nosník, dodatečně předpjatý beton, zatížení, statický výpočet, časové závislá analýza, mezní stav únosnosti, mezní stav použitelnosti, Výkresová dokumentace, vizualizace

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on solving road bridge situated between Roudno and Razová village over the water basin Slezská Harta. Before the design itself 3 studies were created and compared together. The selected variant is a continuous box girder with inclined walls, post-tensioned by bonded cables. The girder of a total length 148,0 m and width 13,6 m is divided into three spans. Height of the girder is 3,3 m. A detailed structural design, including construction limit state assessment, prestress design and time dependent analysis verification is processed. The design and the assessments of temporary and permanent situations are made according to valid standards and regulations. Drawings and visualizations are parts of the diploma thesis.

KEYWORDS

Road bridge, water basin, box girder, continuous girder, post-tensioned concrete, load, structural design, time dependent analysis, ultimate limit state, serviceability limit state, drawing documentation, visualization

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Bc. Tomáš Zemánek *Spojité betonové mostní konstrukce*. Brno, 2017. 23 s., 219 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jan Kolářek, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2018

Bc. Tomáš Zemánek
autor práce

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Janu Kolářkovi, Ph.D. za ochotu, vstřícnost a všechny rady a připomínky při psaní této práce. Děkuji také svým rodičům za podporu a důvěru během celého studia.



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

PRŮVODNÍ A TECHNICKÁ ZPRÁVA

SPOJITÁ BETONOVÁ MOSTNÍ KONSTRUKCE

CONTINUOUS CONCRETE BRIDGE STRUCTURE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Tomáš Zemánek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAN KOLÁČEK, Ph.D.

BRNO 2018

**OBSAH**

1. Úvod	10
2. Varianty řešení	11
2.1. Varianta A	11
2.2. Varianta B	11
2.3. Varianta C	11
3. Základní údaje a vztah k území	12
3.1. Identifikační údaje	12
3.2. Základní údaje o mostu	12
3.3. Most a jeho umístění	13
3.3.1. Poloha mostu	13
3.3.2. Převáděná komunikace	13
3.3.3. Křižující překážka	13
3.3.4. Geotechnické podmínky	13
3.3.5. Inženýrské sítě	14
4. Popis mostu	14
4.1. Zemní práce	14
4.2. Založení	14
4.3. Spodní stavba	14
4.3.1. Krajiní opěry	14
4.3.2. Pilíře	15
4.3.3. Staničení	15
4.3.4. Úpravy pod mostem	15
4.4. Nosná konstrukce a její součásti	15
4.4.1. Nosná konstrukce	15
4.4.2. Ložiska	15
4.4.3. Mostní závěry	16
4.5. Mostní svršek a odvodnění	16
4.5.1. Izolace a ochrana povrchu NK	16
4.5.2. Vozovka	16
4.5.3. Římsy, chodníky	17
4.5.4. Mostní odvodňovače	17
4.6. Mostní vybavení	17
4.6.1. Svodidla	17
4.6.1. Zábradlí	17
4.6.1. Schodiště, dlažba	17
4.6.1. Vstupy, poklopy	18
4.6.1. Tabule s letopočtem	18
5. Vytyčení	18
6. Použité materiály	18
7. Výstavba mostu	18
8. Statický model	20
9. Závěr	21



1. ÚVOD

Tato diplomová práce se zabývá návrhem nového silničního mostu přes vodní nádrž Slezská Harta. Navrhovaný most se nachází v extravilánu a převádí směrově nerozdělenou komunikaci I. třídy kategorie S9,5/80. Most je situován mezi obcemi Roudno a Razová a je součástí nově budovaného průtahu zmíněnými obcemi. Vodní nádrž slouží k chovu ryb, sportovnímu rybolovu a k rekreaci. Před samotným návrhem byly zpracovány celkem 3 studie, ze kterých byla vybrána ta nejvhodnější – jednokomorový spojitý nosník o třech polích. Jednotlivá rozpětí polí činí 44, 60 a 44 metrů. Celkové rozpětí mostu je 148,0m s výškou nosné konstrukce 3,3m. Niveleta se v celé délce mostu nachází směrově i výškově v příímé. Podélný sklon klesá směrem k obci Razová ve spádu 0,51%. Ve vybrané variantě bylo cílem zaměřit se především na návrh a posouzení nosné konstrukce dle norem EN, ČSN a vedoucího diplomové práce.



2. VARIANTY ŘEŠENÍ

Cílem variant bylo zhodnotit různé možnosti převedení komunikace přes nádrž Slezská Harta. Podmínkou bylo zachování výškového a směrového vedení nivelety, která klesá směrem k obci Razová ve sklonu 0,51 %. Pro všechny varianty platí předpoklad vybudování nosné konstrukce z betonu C35/45 XC4, XD1, XF2, vyztužení předpínací výztuží Y1860-S7-15,7 a betonářskou výztuží B500B. Dalšími společnými předpoklady je zbudování chodníkových říms s příčným sklonem 4,0 % klesajícím k vozovce, střešovitý sklon vozovky 2,5 %, křídla rovnoběžná s nosnou konstrukcí a založení konstrukce na pilotách.

2.1. VARIANTA A

Varianta A převádí komunikaci pomocí spojitého komorového nosníku se šikmými stěnami o třech polích. Celkové rozpětí mostu je 148 m, rozpětí jednotlivých polí 44, 60 a 44 m. Nosná konstrukce je vysoká 2,7m, výška horní desky 0,35m, výška dolní desky v poli je 0,3m, přičemž se cca v 1/5 rozpětí pole plynule rozšiřuje směrem k příčníku na 0,5m. Stejným způsobem se rozšiřují stěny nosníku z 0,6m v poli na 0,8 u podpěry. Celková šířka nosníku je 13,6 m, šířka spodní desky je 5,6 m. Nosná konstrukce je uložena na celkem 8 hrncových ložiscích s různým usměrněním. Na každou podpěru připadají 2 ložiska s osovou vzdáleností 5,5m. Tato Varianta byla po vybrána k dalšímu zpracování.

2.2. VARIANTA B

Tato varianta je tvořená monolitickou dvoutrámovou konstrukcí z předpjatého betonu o čtyřech polích. Most má rozpětí 144 m, délka jednotlivých polí je 35, 37, 37 a 35m. Horní deska je 0,4m vysoká, vyložení konzol je 2,8m. Trámy s osovou vzdáleností 6,41m mají proměnnou šířku, začínající na 1,25m u spodního povrchu, která se směrem k desce rozšiřuje v poměru 1:10. Nad podpěrami jsou navrženy příčníky šířky 1,5m, přenášející zatížení pomocí hrncových ložisek do spodní stavby. Celkový počet ložisek je 10ks. Každé ložisko je uloženo na samostatném pilíři. Příčná osová vzdálenost pilířů je stejná jako vzdálenost ložisek a trámů, tedy 6,41m. Varianta B je sice méně pracná než ta předchozí ale byla vyřazena z důvodu velkého množství potřebných podpěr k přemostění překážky. Tyto podpěry by znehodnocovaly estetický dojem ze stavby.

2.3. VARIANTA C

Třetí variantou je opět spojitý komorový nosník o třech polích, tentokrát s náběhy. Stěny nosníku jsou svislé, tloušťky 0,6m v poli, v 1/5 rozpětí pole se rozšiřují směrem k opěře na 0,75m. Nápodobně se rozšiřuje spodní deska z 0,3m na 0,5m. Navržená výška horní desky je 0,35m, vyložení konzol činí 3,3m. Rozpětí mostu je 152m, rozpětí jednotlivých polí 41, 70 a 41m. Nosná konstrukce má u opěr a uprostřed středního pole výšku 2,5m která se směrem k pilířům plynule zvyšuje na 3,5m. Nosník je uložen stejně jako ve variantě A na 8 hrncových ložiscích, každá dvojice ložisek je uložena na společné podpěře, liší se jen osovou vzdáleností – 5,0m. Varianta byla zamítnuta – je oproti variantě A náročnější na návrh i realizaci.



3. ZÁKLADNÍ ÚDAJE A VZTAH K ÚZEMÍ

3.1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Stavba:	Silnice I, most 97 směr Razová
Název mostu:	Most přes vodní nádrž Slezská Harta
Katastrální území:	Razová
Kraj:	Moravskoslezský
Objednatel:	Ministerstvo dopravy ČR nábřeží Ludvíka Svobody 1222/12, 110 15 Praha 1
Investor:	Ministerstvo dopravy ČR nábřeží Ludvíka Svobody 1222/12, 110 15 Praha 1
Uvažovaný správce:	Správa silnic Moravskoslezského kraje Úprkova 795/1, 70223 Ostrava
Projektant:	Tomáš Zemánek Štefáčkova 1 Brno 628 00

3.2. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O MOSTU

Druh převáděné kom.:	Komunikace I. třídy
Překračovaná překážka:	Vodní nádrž Slezská Harta
Počet mostních polí:	3 pole
Doba trvání:	Trvalý most
Životnost:	100 let
Trasa na mostě:	Přímá, konstantní klesání 0,51%
Nosná konstrukce:	Spojité komorový nosník, monolitický
Délka mostu:	170,15 m
Délka přemostění:	164,70 m
Délka nosné konstrukce:	150,00 m
Rozpětí mostu:	148,00 m
Rozpětí jednotlivých polí:	44,0 + 60,0 + 44,0 m
Výška mostu:	26,31 m
Stavební výška:	3,40 m
Úložná výška:	3,80 m
Volná výška pod mostem:	5,81 m (1. pole), 5,51 m (2. pole), 5,31 m (3. pole)
Konstrukční výška:	3,30m
Šikmost mostu:	90° - kolmá
Šířka mostu:	14,10m
Šířka nosné konstrukce:	13,60m
Volná šířka mostu:	9,50m
Šířka mezi zábradlím:	13,40m
Šířka chodníků:	2x 1,50 m
Počet jízdních pruhů:	2



3.3. MOST A JEHO UMÍSTĚNÍ

3.3.1. POLOHA MOSTU

Jedná se o novostavbu mostu v rámci nově budovaného průtahu. Most se nachází mezi obcemi Roudno a Razová, přibližně 10 km jihovýchodně od krajského města – Bruntálu, v mírně zvlněném terénu. Most převádí komunikaci I. třídy přes vodní nádrž Slezská Harta. Po obvodě vodní nádrže vede cyklostezka doplněná četnými plážemi a rekreačními zařízeními. V okolí mostu se nachází vícero inženýrských sítí.

3.3.2. PŘEVÁDĚNÁ KOMUNIKACE

Převáděná komunikace I. třídy kategorie S9,5, s podélným sklonem nivelety v místě mostu 0,51 % překračuje nádrž Slezská Harta v neušším možném místě. Výška nivelety v ose mostu – km 6,009 779 je 486,383 m.n.m. Komunikace se skládá ze dvou jízdních pruhů a není směrově rozdělena. Podélný sklon nivelety klesá ve směru staničení k obci Razová. Příčný sklon je navržen střechovitý 2,5 %. Na mostě je silnice lemována ocelovými svodidly, která jsou před a za mostem zatažena do požadované vzdálenosti. Silnice se mimo most nachází v mírném náspu.

Šířkové uspořádání komunikace na mostě:

Levá římsa:	2,3 m
Zpevněná krajnice:	1,0 m
Vodící proužek:	0,25 m
Jízdní pruh:	3,5 m
Jízdní pruh:	3,5 m
Vodící proužek:	0,25 m
Zpevněná krajnice:	1,0 m
Pravá římsa:	3,0 m

Šířkové uspořádání komunikace za mostem

Levý chodník:	2,0 m
Zpevněná krajnice:	1,0 m
Vodící proužek:	0,25 m
Jízdní pruh:	3,5 m
Jízdní pruh:	3,5 m
Vodící proužek:	0,25 m
Zpevněná krajnice:	1,0 m
Pravý chodník:	2,0 m

3.3.3. KŘÍŽUJÍCÍ PŘEKÁŽKA

Most kříží vodní nádrž Slezská Harta s normální hloubkou vody 17,344 m. Výška hladiny normální vody je 477,323 m.n.m.

3.3.4. GEOTECHNICKÉ PODMÍNKY

V zájmové lokalitě byl zpracován geotechnický průzkum. V místech přepokládaného založení byly provedeny celkem 4 vrtané sondy hloubky 15-18 m. Vrtané sondy ve dně vodní nádrže byly prováděny při upuštění nádrže, souběžně fází odstranění naplavenin ze dna nádrže. Hladina podzemní vody byla zastižena v úrovni h.n.v. nádrže. Zjištěné geologické profily jsou zakreslené



v příloze P2.2. – podélný řez

3.3.5. INŽENÝRSKÉ SÍTĚ

Přibližně 150 m před mostem se nachází nadzemní vedení NN, asi 200 za mostem se nachází podzemní vedení sdělovacího kabelu. Ani jedna ze zmíněných sítí nebude dotčena stavbou, sítě tedy nebude nutné překládat. Nevyskytly se ani žádné požadavky na převedení sítí novým mostem.

4. POPIS MOSTU

4.1. ZEMNÍ PRÁCE

Výkopové práce musejí dodržet maximální sklon výkopového tělesa v hodnotě 1:1. Před začátkem výstavby bude provedena skrývka ornice v tloušťce 0,15 m, která bude uložena na stavbě pro zpětné ohumusování. Vytěžená zemina bude odvezena skládku, zemina vytěžená ze dna nádrže bude uložena v rámci stavby pro zpětný zásyp. Opěry budou v rubu zasypány vhodnou zeminou dovezenou ze zemníku. Tato zemina bude hutněna a $I_d=0,85$ po vrstvách maximálně 300 mm. Za opěrami jsou navrženy přechodové desky tloušťky 400 mm betonu C25/30 XF2, XA1, XF1 na podkladním betonu tloušťky 100 mm C12/15 X0. Podélný sklon přechodových desek klesá ve sklonu 5 % směrem od opěry. Rub opěr bude odvodněný drenážní trubkou DN200, vyústěnou na březích nádrže. Vodní nádrž bude před začátkem stavebních prací v dostatečném předstihu upuštěna na potřebnou míru, pro převedení vodoteče poslouží provizorní koryto, které na konci výstavby zasypáno zeminou, vytěženou ze dna.

4.2. ZALOŽENÍ

Most bude založen na vrtaných kruhových pilotách vetknutých do únosného podloží. Na jeden základ opěry připadá 14 pilot, na jeden základ pilíře připadá pilot 16. Piloty průměru 1000 mm osově vzdálenosti 2,0m budou zhotoveny z betonu C25/30 XC2, XA1, XF1. Na pilotách bude uložena vrstva podkladního betonu tl. 200 mm z betonu C12/15 X0, na které bude vybetonován monolitický žb základ. Základy opěr jsou 1200 mm vysoké a 4,15 m široké, z betonu C25/30 XC2, XA1, XF1, vyztužené betonářskou výztuží B500B. Délka základu je 14,6m. Základy pilířů jsou 2,1m vysoké, 8,5m široké a 8,5m dlouhé. Horní povrch základů klesá ve sklonu 4,0 % směrem od dříku pilíře. Beton i výztuž základů pilíře se shoduje s betonem základů opěr.

4.3. SPODNÍ STAVBA

4.3.1. KRAJNÍ OPĚRY

Opěry jsou navrženy jako masivní železobetonové provedené z betonu C30/37 XC4, XD2, XF3 s výztuží B500B. Šířka dříku opěr je 3,15m, délka je stejná jako šířka nosné konstrukce – 13,6m. Výška dříků je 3,44 a 3,46m. Úložný práh i závěrná zídka budou zřízeny ze stejného materiálu jako dříky opěr. Úložný práh má výšku 1300 mm a klesá ve sklonu 4,0 % směrem k závěrné zídce, kde se nachází odvodňovací žlab průměru 150 mm. Na závěrnou zídku šířky 1000 mm je kloubově připojena přechodová deska. Mostní křídla jsou dilatovaná monolitická, ze stejného materiálu jako dřík opěry. Drenáž rubu opěry je usazena na zásypovém betonu šířky 400 mm C12/15 X0, uložena ve vrstvě šterkopísku na těsnící fólii. Vrstva klesá ve spádu 3,0 % ke dříku opěry. Pod přechodovou deskou bude zbudován ochranný zásyp s drenážní funkcí, hutněný na $I_d=0,85$ po vrstvách max. 300 mm



4.3.2. PILÍŘE

Pilíře jsou elipsovitého tvaru v poměru 2,5x3,5 m, nad vodní hladinou se postupně rozšiřují na rozměry 2,5x5,5 m. Výška pilířů je 19,76 a 23,45, jsou zhotoveny z betonu C30/37 XC4, XD2, XF3 a vyztuženy betonářskou výztuží B500B. Horní hrany pilíře jsou zkoseny v poměru 100/100 mm.

4.3.3. STANIČENÍ

OPĚRA A	km 5,935 779
PILÍŘ B	km 5,979 779
PILÍŘ C	km 6,039 779
OPĚRA D	km 6,083 779

4.3.4. ÚPRAVY POD MOSTEM

Břehy a lavičky podél vodoteče budou v okolí mostu v nutné míře zpevněny kamennou spárovanou dlažbou tl. 200 mm do betonu C25/30 XF3 tl. 100 mm. Kamenná dlažba bude ve dně opřena do podélných betonových prahů s příčnými rozměry 600x1000 mm z betonu C25/30 XF3. Kamenná dlažba ze stejného materiálu bude rovněž položena v šířce 500 mm podél líce opěr a křídel. Stávající cyklostezka okolo nádrže bude po postavení mostu obnovena v šířce 2,0 m a zpevněna jednovrstvým netuhým krytem. Cyklostezka bude sloužit i k revizním účelům. Cyklostezka v okolí mostu téměř přiléhá k hraně svahu – břehu. Bylo by vhodné v příslušné délce zřídit podél hrany náspu silniční dvoumadlové zábradlí, proti pádu osob do nádrže.

4.4. NOSNÁ KONSTRUKCE A JEJÍ SOUČÁSTI

4.4.1. NOSNÁ KONSTRUKCE

Nosnou konstrukci mostovky tvoří spojitý komorový nosník z předpjatého betonu. Celková délka nosné konstrukce je 150,0 m, rozpětí mostu 148,0 m. Rozpětí jednotlivých polí činí 44,0 m 60,0 m a 44,0 m. Výška nosníku je konstantní 3,3 m. Vyložení konzol nosníku je 2,8 m, horní deska je vysoká 400 mm. Dolní deska je v poli vysoká 0,3 m vysoká, v blízkosti pilířů je v délce 1/5 pole - tj. 9,0 m od líce příčnicku v poli 1 a 3 a 12,0 m v poli 2 náběhovaná na výšku 0,5 m. Šikmé stěny jsou náběhované stejným způsobem z 0,6 m na 0,8 m. U opěr je náběhování provedeno v délce 1,0 m u spodní desky a 3,0 u stěn. Veškeré náběhování je provedeno dovnitř komory, takže vnější povrch zůstává konstantní. Šikmé stěny svírají s vertikální rovinou úhel 24°. Celková šířka nosné konstrukce je 13,6 m. Příčný sklon horního povrchu od osy střešovitě klesá ve spádu 2,5 % do úžlabí, kde se láme do protispádu 4,0%. Nad podpěrami jsou navrženy 1,9 m široké příčnický. Vlezné revizní otvory rozměrů 1200x800 mm jsou situovány u opěr (nad cyklostezkou) ve spodní desce. V obou vnitřních příčnicích se pak nachází po jednom průlezném otvoru 800x600 mm. Veškeré ostré vnitřní hrany jsou zkoseny v poměru 200/200 mm. Nosná konstrukce bude vybetonována z betonu C35/45 XC4, XD1, XF2 a předepnuta podélnou předpínací výztuží Y1860 – S7 – 15,3 celkem 228 lany ve 12 kanálcích VSL HDPE PT+. Ve příčném směru bude v oblasti příčniců předepnuta 12 předpínacími tyčemi freyssinet SAS 950/1050 WR36 v každé stěně (resp. její oblasti), použitá betonářská výztuž je B500B.

4.4.2. LOŽISKA

Nosná konstrukce bude osazena na celkem 8 hrncových ložisek, z čehož na každou podpěru připadají 2 ložiska. Každé ložisko bude uloženo na samostatný úložný blok. V předběžném návrhu ložisek byla zvolena ložiska Freyssinet TETRON CD – s maximální vertikální silou 18000 kN.



PODPĚRA A	km 5,935 779
	levé: Jednosměrně posuvné ložisko TETRON CD/GG 18000 – 900 – 50
	pravé: Všesměrně posuvné ložisko TETRON CD/GL 18000 – 50 – 20
PODPĚRA B	km 5,979 779
	levé: Pevné ložisko TETRON CD/FX 18000 - 900
	pravé: Všesměrně posuvné ložisko TETRON CD/GL 18000 – 50 – 20
PODPĚRA C	km 6,039 779
	levé: Jednosměrně posuvné ložisko TETRON CD/GG 18000 – 900 – 50
	pravé: Všesměrně posuvné ložisko TETRON CD/GL 18000 – 50 – 20
PODPĚRA D	km 6,083 779
	levé: Jednosměrně posuvné ložisko TETRON CD/GG 18000 – 900 – 50
	pravé: Všesměrně posuvné ložisko TETRON CD/GL 18000 – 50 – 20

POZNÁMKA: označení levá/pravá odpovídá směru staničení.

4.4.3.MOSTNÍ ZÁVĚRY

Na začátku i konci mostu budou osazeny povrchové mostní závěry, kotvení do závěrné zídky a nosné konstrukce bude provedeno dle pokynů výrobce.

4.5. MOSTNÍ SVRŠEK A ODVODNĚNÍ

4.5.1.IZOLACE A OCHRANA POVRCHU NK

Horní povrch nosné konstrukce bude izolován mostní izolací s pečetiví vrstvou. Ochranu izolace pod vozovkou bude tvořit litý asfalt. Pod římsami bude ochranou asfaltová lepenka s hliníkovou vložkou. Povrch betonu bude před zahájením izolačských prací očištěn.

4.5.2.VOZOVKA

Vozovka bude na mostě položena na mostní izolaci. Ochranu izolace bude tvořit litý asfalt MA. Kryt bude tvořen asfaltovým betonem ACo 16 S tloušťky 50mm. Snadnější spojení obou vrstev zajistí spojovací postřík 0,2 kg/m². Horní povrch nosné konstrukce je vybetonován ve spádu, to znamená, že se vozovka bude pokládat v konstantní tloušťce. V celé délce úseku bude provedeno vodorovné dopravní značení.

Skladba vozovky na mostě:

- Asfaltový beton, obrusný	ACO 16 S	50 mm
- Spojovací postřík asf. mod. 0,2 kg/m ²	PS-A	
- Litý asfalt	MA 16 IV	45 mm
- Izolace		5 mm
	Celkem:	100 mm

Skladba vozovky mimo most

- Asfaltový koberec, mastixový	SMA 11 S	40 mm
- Spojovací postřík asf. mod. 0,2 kg/m ²	PS-A	
- Asfaltový beton	ACL 16 S	70 mm
- Spojovací postřík asf. mod. 0,2 kg/m ²	PS-A	
- Asfaltový beton	ACP 22 S	90 mm
- Infiltrační postřík asf. 1,0 kg/m ²	PI	
- Mechanický zpevněné kamenivo	MZK	200 mm
- Štěrkodrt'	ŠDa	250 mm



4.5.3.ŘÍMSY, CHODNÍKY

Na mostě a křídlech budou provedeny monolitické ŽB římsy. Přestože se most nachází v extravilánu, jsou vzhledem k rekreačním účelům nádrže na mostě navrženy chodníkové římsy šířky 2,3 m. Průchozí prostor je 2x0,75 m. Výška římsy je 230 mm. Příčný sklon říms klesá k vozovce ve sklonu 4,0 %. Podélný sklon kopíruje sklon nivelety – klesá ve spádu 0,51 % ve směru staničení. Římsy budou provedeny z betonu C30/37 XC4, XD3, XF4 a vyztuženy betonářskou výztuží B500B. Povrch říms bude zdrsněn povrchovou striáží a opatřen lněnou fermeží. Římsy budou přerušeny smršťovacími spárami, ty budou ošetřeny dle typu spáry – viz vzorové listy pro mosty. Betonáž proběhne až po vytvrdnutí nosné konstrukce a položení mostní izolace. Římsy budou kotveny k mostovce vodotěsnými kotvami. Římsy jsou navrženy jako nepřejížděné s výškou přilehlé hrany nad vozovkou 150 mm.

4.5.4.MOSTNÍ ODVODŇOVAČE

Konkrétní řešení odvodnění mostu není předmětem této části projektové dokumentace. Odvodnění říms i vozovky se předpokládá prostřednictvím podélného a příčného sklonu do mostních odvodňovačů osazených v úžlabí NK. Odtud bude voda svedena podélným potrubím DN 200 do svislých svodů u pilířů, vyústěných přímo do vodní nádrže. Pro osazení odvodňovačů budou v NK zřízeny prostupy. Odvodňovače budou osazeny nad pilíři, v polovině krajních polí a ve třetinách středního pole symetricky k podélné ose mostu.

4.6. MOSTNÍ VYBAVENÍ

4.6.1.SVODIDLA

Na mostě i v přilehlých částech budou podél vozovky osazena svodidla s dostatečným stupněm zádržnosti. Na mostě budou přes patní desku s podlitím kotvena pomocí 2 ocelových kotev typu OMO, do vývrtů v římsě. Před a za mostem se předpokládá jejich beranění.

4.6.2.ZÁBRADLÍ

Po celé délce říms bude osazeno mostní zábradlí výšky 1,1m se svislou výplní. Rozteč sloupků zábradlí bude max. 2 m. Maximální světlá vzdálenost mezi výplňovými pruty je 120 mm. Madla budou tvořena válcovanými profily UPE 100, sloupky profily IPE 100. Svislá výplň bude z ocelových pásek PO 40x10 mm. Zábradlí bude kotveno přes patní desku s podlitím pomocí 4 kotev typu OMO do vývrtů v římsě. Povrch zábradlí bude chráněn žárovým zinkováním a nátěrem dlouhodobé životnosti. Projektant navrhuje odstín vrchního nátěru RAL 5005 – modrá.

4.6.3.SCHODIŠTĚ, DLAŽBA

U obou opěr na povodní straně mostu je navrženo schodiště šířky 1,5m, schodiště je určeno jak pro pěší tak i k revizním účelům. Na koncích říms jsou navrženy rampy spojující římsy s chodníky podél komunikace i s navrženy schodišti. Rampy i chodníky budou odlážděny zámkovou dlažbou, na straně přilehlé k vozovce budou ohraničeny silničními obrubami, na vnější straně budou stejně jako schodiště ohraničeny chodníkovými obrubami. Svahy ve vzdálenosti 0,5m od křídel, lavičky a břehy budou odlážděny kamennou spárovanou dlažbou tl. 200 mm do betonu C25/30 XF3 tl. 100 mm. Dlažba břehů bude opřena do podélných betonových prahů z betonu C25/30 XF3 s rozměry 1,0x0,6 m.

Stávající cyklostezka bude na obou stranách převedena pod mostem podél opěr v šířce 2,0m. Bude ohraničena chodníkovými obrubami a zpevněna netuhým jednovrstvým krytem.



Srážková voda před a za mostem bude z chodníků a přechodových ramp odvedena betonovými skluzy do vývařiště v úrovni paty svahu. Dále bude převedena pod cyklostezkou trubním propustkem min. DN200 a betonovými skluzy přímo do vodní nádrže. Voda z vozovky před a za mostem bude odvedena prostřednictvím uličních vpustí po obou stranách vozovky. Toto odvodnění bude nutné řešit v širším kontextu. Projektant navrhuje vyústění uličních vpustí před mostem do svahu a jejich napojení na vývařiště. Za mostem bude voda odváděna dále po staničení a vyústěna na vhodném místě, případně do kanalizace dle místních podmínek.

4.6.4. VSTUPY, POKLOPY

Pro účely revize jsou ve spodní desce před opěrami (v úrovni cyklostezky) navrženy vlezné otvory s rozměry 1200x800mm. Tyto otvory budou opatřeny ocelovou mříží, kvůli omezení vniknutí nepovolaných osob. Ve vnitřních příčnicích jsou pak navrženy průlezné otvory o rozměrech 800x600mm.

4.6.5. TABULE S LETOPOČTEM

Na mostě budou osazeny evidenční čísla mostu, tabulky s názvem nádrže a tabulka s názvem zhotovitele a letopočtem.

5. VYTYČENÍ

Projekt je zpracován v souřadnicovém systému JTSK, výškový systém Bpv. Všechny body budou v projektu vyznačeny absolutními souřadnicemi. Vytyčení bude provedeno z bodů, které si zvolí firma provádějící vytyčení. K tomuto účelu bude zřejmě použito bodů PBPP a nivelačních značek, které je vhodné před započítáním stavby vyhledat a zajistit před zničením. Výkresy vytyčení ani místopisy bodu nejsou součástí této části projektové dokumentace

6. POUŽITÉ MATERIÁLY

Nosná konstrukce	C35/45	XC4, XD1, XF2
Opěry (včetně úl. Prahu a záv. Zídky)	C30/37	XC4, XD2, XF3
Pilíře	C30/37	XC4, XD2, XF3
Křídla	C30/37	XC4, XD2, XF3
Římsy	C30/37	XC4, XD3, XF4
Přechodová deska	C25/30	XD2, XA1, XF1
Základy	C25/30	XC2, XA1, XF1
Piloty	C25/30	XC2, XA1, XF1
Prahy a podkladní beton dlažby	C25/30	XF3
Podkladní beton	C12/15	X0
BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ:	B500B	
PŘEPÍNACÍ VÝZTUŽ:	Y1860 S7 – 15,3 – A (výrobce VSL)	
	SAS 950/1050 WR36 (výrobce freyssinet)	

7. VÝSTAVBA MOSTU

Výstavba mostu je shrnuta v celkem 6ti fázích. Betonáž nosné konstrukce proběhne na horní výsuvné skruži ve směru staničení. Doba vyčleněná na stavbu mostu je 162 dní. Tato doba nezahrnuje čas, potřebný na zemní práce, zhotovení pilot, základů, podpěr, zásypy a montáž skruže. Každá z fází výstavby nosné konstrukce bude předepnuta polovinou kabelů 28 dní po vybetonování kromě fáze



3 – viz níže. Mezi předepnutím a betonáží následující fáze NK je vyčleněna doba 7 dní. Harmonogram výstavby nebyl zpracován. Celkový čas, potřebný k výstavbě mostu je přibližně 10 měsíců. Předpokládaný rok výstavby je 2019.

FÁZE 0

Ve fázi 0 proběhne příprava a předání staveniště. Zemní práce začnou vyhloubením provizorního koryta pro převedení vodoteče, pak bude sejmuta ornice a vyhloubeny jámy, nutné k založení mostu. Ornice a materiál vytěžený ze dna bude uložen na stavbě pro zpětné použití. Zemina vytěžená z břehů bude odvezena na skládku. Dalším krokem bude vrtání, armování a betonáž celkem 60ti pilot. Po dostatečném vytuhnutí pilot budou zhotoveny základy pro podpěry. Na základech budou vybudovány podpěry. Základy a obsypané části opěr budou opatřeny izolací – pravděpodobně penetračním a asfaltovým nátěrem. Základy pilířů budou zpětně zasypány zeminou vytěženou ze dna nádrže, pokud k tomu bude vhodná. Základy opěr budou zasypány novou zeminou dovezenou ze zemníku. Souběžně se zásypy bude probíhat osazení mostních ložisek.

FÁZE 1

Na začátku 1. fáze bude smontována horní výsuvná skruž. Pak bude zřízeno bednění a vyvázána betonářská výztuž společně s uložením kanálků pro předpínací výztuž a osazením kotev pomocí polohovacích mřížek. Po té proběhne betonáž nosné konstrukce. Jakmile beton dosáhne předepsané pevnosti, bude nosná konstrukce předepnuta z konce kabely 1. fáze – tj 50% z celkového počtu. Potom se nosná konstrukce odbední a skruž se přesune do polohy, odpovídající 2. fázi. Celková délka betonáže 1. fáze je 56,0 m, ukončena bude v 1. pracovní spáře vzdálené 12,0 m od osy pilíře B.

FÁZE 2

Druhá fáze je obdobná, jako fáze předešlá. Na skruži se zřídí bednění, vyváže se výztuž a umístí se kanálky s kotvami do projektované polohy. Na kabely zakotvené v předešlé fázi se spojkami připojí kabely nové dle výkresu předpínací výztuže. Proběhne betonáž, předepnutí kabelů 2. fáze z konce, odbednění a přesun skruže do 3. fáze. Celková délka betonáže 2. fáze je 57,0 m, ukončena bude v 2. pracovní spáře vzdálené 9,0 m od osy pilíře C.

FÁZE 3

Opět proběhne bednění, rozmístění výztuže, kanálků a kotev. Připojí se nové kabely, vybetonuje se NK, z konce se vnese předpětí 3. fáze a konstrukce se odbední. V tuto chvíli bude již konstrukce předepnuta plným počtem kabelů, výsuvná skruž se demontuje. Celková délka poslední fáze betonáže NK je 35,0 m.

FÁZE 4

V této fázi budou vyarmovány a vybetonovány závěrné zídky. Proběhnou zásypy opěr a obsypy křídel vhodnou zeminou dovezenou ze zemníku, hutněnou po vrstvách min. 300mm na $I_d=0,85$ a zřízení přechodových desek. Dalším krokem bude pokládka vozovkového souvrství před a za mostem. Následuje provedení izolace mostovky, betonáž říms, osazení odvodňovačů, příslušného potrubí a pokládka vozovky na mostě. Ta samozřejmě proběhne až po vytuhnutí říms. Na římsy budou připevněny svodidla a mostní zábradlí.

FÁZE 5

Fáze začne zřízením schodišť včetně navrženého silničního zábradlí a betonáží příčných prahů v kynetě nádrže doprovázeným zhotovením kamenné spárované dlažby podél líce opěr, křídel a ve



svazích. Po té bude dokončena cyklostezka, položena zámková dlažba přechodových ramp, přilehlých chodníků a odvodňovacích žlabů za mostem. Okolní svahy budou uvedeny do původního stavu ohumusováním a osetím travním semenem. Staveniště bude uklizeno aby mohla být provedena 1. mostní prohlídka a zatěžovací zkouška, pokud investor neurčí jinak. Po odstranění případných nedostatků bude most uveden do provozu. Navržená životnost mostu je 100 let.

DODATEK:

Po zpětném přehodnocení prodlevy mezi betonáží jednotlivých fází nosné konstrukce bylo zjištěno, že 7 dní nemůže stačit. Tuto dobu by bylo vhodné prodloužit alespoň o jeden týden.

8. STATICKÝ MODEL

V prvotní fázi návrhu byl v programu Scia engineer 17.1 vytvořen prutový model se zalomenou střednicí v obecné XYZ. Uložení bylo simulováno pomocí dvou tuhých ramen. V této době nebyla autorovi známa funkce náběhu pomocí dvou zadaných průřezů a tak se model skládal z celkem 26 průřezů, vystihujících proměnnost příčného řezu po délce konstrukce. Každý z náběhů stěny a spodní desky byl rozdělen na segmenty o délce 1 m, přičemž jednotlivé průřezy odpovídají tvaru v ose segmentu. Toto řešení později způsobilo komplikace popsané ve statickém výpočtu. Tento model byl použit k předběžnému návrhu předpětí, k analýze účinků posouvajících sil, kroutících momentů od dopravy a návrhu příčníku.

Pro analýzu účinků zatížení na konstrukci a jejich kombinace byl vytvořen prutový model se zalomenou střednicí jako rám XZ. Postup tvorby byl stejný jako v předchozím odstavci. Po vyhodnocení kombinací byl v programu Autocad zpracován návrh přesných kabelových drah, který byl po zapnutí modulu předpětí manuálně přenesen do prostředí Scie. Následovalo zapnutí modulu časová analýza a posouzení konstrukce na mezní stav použitelnosti v jednotlivých fázích. Pro tyto účely byla vytvořena pouze kombinace MSP-kvazistálá, ostatní účinky v příslušných řezech byly přičítány manuálně.

Dalším modelem byl prutový model pro analýzu příčného směru. Skládal se z několika náběhovaných prutů šířky 1 m. Tento model byl použit pro vykreslení příčinkových čar a následně i k získání účinků v příčném směru s uvážením roznosu do střednice.

Sestaven byl také deskostěnový model v obecné XYZ. Tento model pokrýval celou délku konstrukce. Oproti prutovému modelu pro příčný směr vykazoval ve výsledných účincích stálého zatížení výrazné rozdíly a tak bylo od analýzy příčného směru na tomto modelu upuštěno.

Posledními dvěma modely byly příhradové prutové modely vytvořené jako rámy XZ – schémata jsou zobrazena ve statickém výpočtu. Tyto modely sloužily k návrhu příčníku.



9. ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo navrhnout alespoň 3 varianty převedení komunikace I. třídy přes vodní nádrž Slezská Harta. Nejvhodnější z variant byla určena k širšímu zpracování. Jednalo se o spojitý komorový nosník z dodatečně předpjatého betonu. Práce byla zaměřena na statické posouzení navržené nosné konstrukce tak, aby vyhověla podmínkám mezních stavů použitelnosti a únosnosti. Při posuzování konstrukce byl uvážěn vliv fázové výstavby. Ten byl zohledněn především z mezních stavů použitelnosti. Mezní stav únosnosti posuzoval konstrukci v čase životnosti tj. 100 let, pokud nebylo uvedeno jinak. Jednotlivé modely konstrukce byly vytvořeny v programu Scia engineer 17.1. Výpočty byly prováděny pomocí programu MS Excel s ruční kontrolou výsledků. Projektová dokumentace byla zpracována v programu Autocad 2013. Pro přehlednou prezentaci návrhu byla vytvořena 3D vizualizace.



SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

Normy:

- [1] ČSN EN 73 6201: *Projektování mostních objektů*
- [2] ČSN EN 1990: *Zásady navrhování konstrukcí*
- [3] ČSN EN 1991-1: *Zatížení konstrukcí*
- [4] ČSN EN 1991-2: *Zatížení mostů dopravou*
- [5] ČSN EN 1992-1-1: *Navrhování betonových konstrukcí – Obecná pravidla pro pozemní stavby*
- [6] ČSN EN 1992-2: *Betonové mosty – Navrhování a konstrukční zásady*
- [7] ČSN 73 6214 *Navrhování betonových mostních konstrukcí*

Literatura:

- [8] J. Procházka, J. Šmejkal, L. Vítek, J. Vašková
Navrhování betonových konstrukcí. Příručka k ČSN EN 1992-1-1 A ČSN EN 1992-1-2, ČKAIT, 2010
- [9] J. Čambula, M. Drahorád, M. Foglar, V. Hrdoušek, J. Navrátil, T. Rotter a další
Navrhování mostních konstrukcí podle Eurokódu, ČKAIT, 2010
- [10] M. Zich a kolektiv
Příklady posouzení betonových prvků podle Eurokódu, Dashöfer Holding 2010

Internet:

- [11] www.pjpk.cz *Politika jakosti pozemních komunikací – VL a TP*
- [12] www.bms.vars.cz *Evidence mostů*
- [13] www.freyssinet.cz *Hrncová mostní ložiska a předpínací tyče*
- [14] www.vsl.cz *Předpínací systém (ETA 06/2006 Post-Tensioning system)*

Software:

- [1] Autocad 2013
- [2] Scia Engineer 17.01 (prostředí Scia 2016)
- [3] Microsoft Word 2016
- [4] Microsoft Excel 2016



SEZNAM PŘÍLOH

P1. Použité podklady a varianty řešení

P1.1 Zadání - situace

P1.2 Zadání – podélný řez

P1.3. Varianta A – podélný řez

P1.4. Varianta A – příčný řez

P1.5. Varianta B – podélný řez

P1.6. Varianta B – příčný řez

P1.7. Varianta C – podélný řez

P1.8. Varianta C – příčný řez

P2. Výkresy – přehledné a podrobné detaily

P2.1. Situace

P2.2. Podélný řez

P2.3. Příčný řez opěrou A

P2.4. Příčný řez u pilíře C

P2.5. Výkres betonářské výztuže

P2.6. Výkres předpínací výztuže

P3. Stavební postup a vizualizace

P3.1. Schéma postupné výstavby

P3.2. Vizualizace

P4. Statický výpočet